Ist die Transparenz des Dentins ein vitaler oder avitaler Vorgang?

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

der Hohen Medizinischen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg im Breisgau

vorgelegt von

Heinrich Erhardt aus Karlsruhe i. B.
approb. Zahnarzt

Buchdruckerei R. Rebholz, Freiburg im Breisgau 1935

Ist die Transparenz des Dentins ein vitaler oder avitaler Vorgang?

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg im Breisgau

vorgelegt von

Heinrich Erhardt aus Karlsruhe i. B.
approb. Zahnarzt

Buchdruckerei R. Rebholz, Freiburg im Breisgau 1935

Gedruckt mit Gnehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Freiburg i. Br.

Dekan: Prof. Dr. Kapfhammer.

Referent: Prof. Dr. Scheidt.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545318_0041

Beim recenten, zivilisierten Menschen verändert sich sehr häufig das Dentin in seiner Struktur und dadurch auch in seinem Aussehen. Diese Veränderungen werden durch Insulte mechanischer und chemischer Art hervorgerufen. Das veränderte Zahnbein ist im Vergleich zum intakten Dentin stärker transparent, in dünnen Schliffen stark durchsichtig, häufig gelblich-bräunlich verfärbt und sehr hart. Da diese Erscheinungen offenbar in enger Beziehung zum Stoffwechsel des Zahnes stehen und für die Erhaltung der Pulpa von Wichtigkeit sind, wird ihnen in der Zahnheilkunde erhöhte Bedeutung beigemessen. Die Ansichten über das Zustandekommen dieser Erscheinungen sind trotz mehrfacher Bearbeitung dieses Themas bis auf den heutigen Tag immer mehr auseinander gegangen. Das Kernproblem dürfte wohl in der Frage ausgedrückt sein: „Ist die Transparenz ein vitaler oder avitaler Prozeß?"

Physikalisch beruht die Transparenz des Dentins auf einer Veränderung der Lichtbrechung. Beim unveränderten Dentin haben die verschiedenen Medien wie: Grundsubstanz, Dentinkanälchen und Dentinfasern einen verschiedenen Lichtbrechungsindex. Ändert sich die Zusammensetzung oder Struktur des Dentins, so verändert sich auch der Brechungsindex, und das Dentin wird dadurch mehr oder weniger transparent. M i l l e r gibt folgendes bekannte Beispiel zur Erklärung dieser Erscheinung. Wenn man undurchsichtiges Glaspulver mit Cedernöl durchdrängt, welches denselben Brechungsindex wie Glas besitzt, so durchdringen alle Strahlen in derselben Richtung den Stoff: das Glaspulver wird transparent. Eine ähnliche Zu-

nahme der Durchsichtigkeit des Dentins kann durch eine Verschiebung der Mengenverhältnisse der Substanzen entstehen. Diese physikalische Erscheinung der Transparenz am Dentin kann durch vitale oder avitale Prozesse hervorgebracht sein.

Nachfolgend seien die einzelnen Theorien über die Entstehung der Transparenz des Dentins angeführt und einer kritischen Betrachtung unterzogen. Zum Schluß führe ich dann noch meine eigenen Beobachtungen und Ansicht an.

Tomes erklärt sich die Entstehung der Transparenz des Dentins als ein Versuch der Natur, durch Calcification der Zahnbeinfasern die gesunde von der kranken Partie des Zahnes abzukapseln. Er vergleicht die transparente Zone mit der Demarkationszone eines Abszesses. Diese Erklärung hat insofern historische Bedeutung, weil damit Tomes zum ersten Mal die Behauptung aufgestellt hat, daß sich im menschlichen Zahn Lebensvorgänge äußerten.

Im Gegensatz zu ihm sehen Leber und Rottenstein in einer partiellen Entkalkung die Ursache der Transparenz.

Baume stellte auf Grund von Versuchen seine „Quellungstheorie“ auf. Durch eindringende Säuren quelle die Grundsubstanz auf, wodurch die mit Luft gefüllten Dentinkanälchen sich verengern würden. Auch eine teilweise Erweichung der Dentingrundsubstanz soll nach seiner Ansicht die Durchsichtigkeit des Dentins mit verursachen.

Jung faßt die Transparenz als vitale Reaktion auf. Durch Reize würden die Zahnbeinfasern zu einer Steigerung ihrer physologischen Tätigkeit angeregt und lagerten in vermehrter Menge Kalk in den Kanälchen ab, wodurch die Dentinkanälchen obliterierten. Durch diesen Vorgang werde das Dentin homogen und transparent. Weil es Jung nicht gelungen ist, an toten Zähnen eine transparente Zone im Dentin zu erzeugen, lehnt er die Annahme einer avitalen Erscheinung ab.

Walkhoff, der eifrigste Verfechter für eine vitale Reaktion als Entstehungsursache des transparenten Dentins geht in seiner Betrachtungsweise von der großen Ähnlichkeit zwischen der Struktur des normalen Dentins und des gesunden Knochengewebes aus. Es sucht zum Vergleich in der Pathologie des Knochens eine Erscheinung, die gewisse Ähnlichkeit mit der Transparenz des Dentins haben könnte. Durch schwach andauernde Reize oder durch Ernährungsstörungen würden die Knochenzellen des gesunden Gewebes zu neuer Tätigkeit angeregt. Es bilde sich auf Kosten der Größe der Zellen und ihrer Fortsätze in vermehrter Menge Interzellularsubstanz. Walkhoff faßt die Transparenz des Dentins als einen dieser Sclerose ähnlichen Vorgang auf. Odontoblasten und Dentinfortsätze bilden, wie Walkhoff sich ausdrückt, eine anatomische und physiologische Einheit. Durch wiederholt stärkere oder fortgesetzt schwache physikalische Reize würden die Odontoblasten wie auch die Zahnbeinfasern zu neuer formativer Tätigkeit angeregt. Die Odontoblasten bildeten dabei das sekundäre Dentin; die Tomes'schen Fasern lagerten in den Dentinkanälchen Kalk ab. Diese Verengerung des Lumens der Kanälchen führe zu einer Atrophie der Zahnbeinfasern. Durch diese fortdauernde Kalkablagerung würde das Dentin in durchfallendem Licht transparent. Dieses nunmehr transparente Dentin bilde einen gewissen Schutzwall gegen ein weiteres Vordringen von Säuren und Bakterien. Die Transparenz im senilen Zahnbein, welche ohne Schädigungen von außenher entsteht, erklärt sich Walkhoff durch Stoffwechselstörungen, wie sie im alternden Gewebe erfolgen. Eine Atrophia senilis könne ebenfalls eine Neubildung von Intercellularsubstanz seitens der Zellen verursachen. Sclerose und Atrophie sind nach Walkhoff die zwei pathologischen, vitalen Vorgänge, welche zu einer Homogenisierung des Dentins führen.

Nach Wellauer sind es dreierlei Vorgänge, teils vitaler, teils avitaler Art, die das Zahnbein durchsichtig machen.

1. Teilweise Entziehung des Kalkgehalts der Grundsubstanz.
2. Zeitweise Infiltration der Zahnbeinfibrillen mit Kalksalzen in Lösung.
3. Teilweise bis gänzliche Verkalkung der Fibrillen durch Ablagerung neuer Grundsubstanz an die Wände der Dentinröhrchen, wodurch eine Verkleinerung der Fibrillen selbst erfolgt.

Die Fibrillen, die durch die Einwirkung der Säure in ihrer Existenz gefährdet seien, besäßen in sich die Eigenschaft, zu ihrem Schutze Kalk aus den umliegenden Geweben aufzulösen. Die Auflösung des Kalkes soll von der Pulpa her verhindert werden. Diese von der Pulpa gelieferten Stoffe bedingten 1. eine Neutralisation und 2. eine Calcification neu gebildeter Grundsubstanz. Der Autor begnügt sich mit der nicht näher erklärten Hypothese, daß die Pulpa im Stande sei, den Dentinkanälchen gelösten Kalk zuzuführen. Durch eine ebenfalls nicht genauer erklärte Reaktion erfolge ein Niederschlag dieses gelösten Kalkes in den Dentinkanälchen, so daß daraus eine Verkleinerung des Lumens und der Fasern resultiere. Außerdem seien noch unbestimmte Faktoren im Spiel, die dem Cariesverlauf Hindernisse in den Weg legten, so daß sich aus einem akuten Prozeß der Kalkauflösung allmählich ein chronischer ergäbe, wenn nicht sogar ein vollständiger Stillstand der Caries eintrete.

Fleischmann glaubt durch Beobachtungen am senilen Zahnbein in der Transparenzbildung eine regressive Metamorphose sehen zu dürfen. Eine klare Entscheidung gibt er nicht. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen faßt er in folgenden vier Punkten zusammen:

„1. Das Transparentwerden des Dentins ist eine Folge der vollständigen Obliteration der Kanälchen.

2. Diese Obliteration wird herbeigeführt durch Ablagerung einer Substanz, die, wie wir mit höchster Wahrscheinlichkeit sagen können, aus Kalksalzen besteht.

3. Ob es sich um eine Einlagerung der Kalksalze in die Tomes'sche Faser oder um eine Ausscheidung der Kalksalze in die Kanälchen durch die Tomes'sche Faser handelt, läßt sich nicht entscheiden.

4. Die Neumann'schen Scheiden und die Zahnbeingrundsubstanz erleiden beim Transparentwerden keine Veränderung."

Daß die Transparenz ein Degenerationsprozeß ist, ist auch die Meinung Eulers. Durch eine toxische Fernwirkung der Bakterien werde das angebotene Fett nicht mehr verarbeitet und in den Kanälchen angesammelt. Daran schließe sich eine körnige Ausfällung von Kalksalzen, die eine Vorstufe des transparenten Dentins sei. Durch eine Steigerung der Kalkausfällung komme es zur vollständigen Obliteration der Kanälchen. Infolge dieser Anreicherung von Kalksalzen ändere sich das optische Verhalten des Dentins: es werde transparent.

Nach Furrer sind es zwei Vorgänge, die die Transparenz hervorrufen. Eingeleitet werde dieser Prozeß dadurch, daß von außen durch die Schmelzlamellen und zum Teil durch die Dentinröhrchen Säure in das Dentin diffundiere. Diese Säure löse den Kalk auf, und werde schließlich mit Kalk übersättigt. Auch Neutralisationsvorgänge sollen sich im Innern des Zahnes abspielen. Die Folgen derselben seien ebenfalls Ausfällung des Kalkes in die organische lebende Substanz der Dentinröhrchen und in den „Zahnknorpel". Dieses zum Teil schon transparente Dentin lasse sich von Kristalloiden oder Kolloiden (Kalk, richtiger Dispersion) durchdringen, so daß eine weitere Anlagerung von Kalk pulpawärts erfolge.

Zu dieser etwas gewagten Annahme sieht sich Furrer durch einen Versuch veranlaßt, nach welchem normaler Zahnschmelz bei toter Pulpa sich nicht imprägnieren, aber bei noch lebender Pulpa nachgewiesenermaßen von Kalklösungen durchdringen und inkrustieren lasse. Auf diesen kolloidchemischen Vorgang folge noch eine vitale Reaktion, die von der Pulpa ausgehe. Durch die Vorgänge, welche zur Transparenz geführt haben, würden die Odontoblastenfortsätze zu neuer Tätigkeit angeregt. Der von ihnen produzierte Kalk wandere bis zur Innenwand des transparenten Dentins und lagere sich dort ab. Zu dem avitalen, zentripetalen Prozeß komme der zentrifugale Vorgang hinzu. Beide zusammen produzierten das klinische Bild der Transparenz.

Feiler unterscheidet in Bezug auf das Zustandekommen der Transparenz einen physiologischen und einen pathologischen Vorgang. Nach seiner Ansicht bestehe in dem fertigentwickelten Zahn ein physiologischer Kalkstoffwechsel. Der Kalk, der sich aus irgendwelchen Gründen physiologischer Art an Ort und Stelle nicht assimilieren könne, bleibe beim Transport vor seinem Bestimmungsort liegen und rufe dort durch Ausfüllung der Dentinkanälchen das Bild der Transparenz hervor. Werde der auf dem Transport abgesetzte Kalk in die Lage versetzt, sich an dem für ihn bestimmten Platz zu assimilieren, so entstehe umgekehrt aus transparentem wieder normales Dentin. Transparentes und nicht transparentes Dentin seien also nach Feiler Zustandsbilder ein und desselben physiologischen Prozesses des Kalkstoffwechsels. Beim pathologischen Auftreten der Transparenz können die Kalksalze infolge lokaler Reize oder infolge Schädigung des Gewebes ihrer Bestimmung nicht zugeführt werden und stapelten sich in der Umgebung des geschädigten Gewebes auf. Solche histologische Bilder will Feiler in der Umgebung von Interglobularräumen besonders an rachitischen Zähnen beobachtet haben. Daraus schließt

er, daß hauptsächlich durch die Rachitis die Grundsubstanz die Fähigkeit der Assimilation verloren habe. Sowohl für den physiologischen wie auch für den pathologischen Vorgang des Kalkstoffwechsels sei eine aktive Lebenstätigkeit der Tomes'schen Faser Voraussetzung; diese büßten durch die Kalkablagerung an falscher Stelle nichts von ihrer Lebenstätigkeit ein.

Siegmund und Weber haben nachgewiesen, daß bei Karies die Odontoblastenfortsätze von der Pulpa bis zur Zone der Erweichung verfetten. Diese Verfettung erfolge sogar in Zonen, die sonst keinerlei pathologische Veränderung zeigten. Dieser Vorgang ist für die Autoren der Beweis, daß in der transparenten Zone der Odontoblastenfortsatz nicht absterbe, aber degeneriere. Siegmund und Weber, denen diese Beobachtungen zur Erklärung über das Zustandekommen der Transparenz dienen, sind mit Liesegang gleicher Meinung.

Liesegang bringt die Bildung der Transparenz mit der Atmung lebender Zellen in Zusammenhang. Durch die Atmung von Zellen würden Säueren produziert, insbesondere Kohlensäuere. Durch die fortwährende Säureproduktion schützen sich die Odontoblasten vor einer Einlagerung unlöslicher Kalksalze. Die Säure verbreite sich auch auf die Tomes'schen Fasern und schütze sie ebenfalls. Lasse nun durch Zellschädigung die Säureproduktion nach, so falle das Hindernis für den Niederschlag weg, was zu einer Kalkablagerung insbesondere in den entfernteren Dentinabschnitten führe. Die Transparenz bestehe also in einer Änderung der H Jonenkonzentration in den betreffenden Gewebsteilen, wobei die Träger der H Jonen hauptsächlich die Kohlensäuremoleküle seien.

In der kritischen Betrachtung kann die Frage, ob eine Vermehrung oder Verminderung der Kalksalze bei der Entstehung der Transparenz erfolgt, durch die Untersuchungen von Kimmelstiel und Langemack beantwortet werden.

Die Autoren haben veraschte Zahnbeinschliffe mit nicht veraschten verglichen. Das normale Dentin weise in den beiden Schnitten keine Unterschiede auf. Beim transparenten veraschten Zahnbein dagegen ist ein homogenes vollständig undurchsichtiges Material ohne irgendwelche Struktur zu sehen. Ein Tropfen Kanadabalsam an den veraschten Schliff herangebracht, wird gierig aufgesogen. Hierdurch ändert sich das Aussehen des Schliffes. Denn in der vorher undurchsichtigen Masse sind jetzt deutlich Differenzierungen erkennbar. Und zwar sind die Unterschiede im veraschten Zahnbeinschliff genau wie diejenigen des nicht veraschten Materials. Interessant und wichtig ist, daß der Kanadabalsam nicht in die transparenten Partien eingedrungen ist. Da durch die Veraschung die organische Substanz des Dentins zu Grunde gegangen ist, so kann die Verengerung der Kanallumina nur durch anorganische Substanz erfolgt sein. In Röntgenaufnahmen dieses Materials zeige das transparente Gebiet eine deutliche Verschattung. Untersuchungen im polarisierten Licht sollen eindeutig ergeben haben, daß die Verschattung nur auf eine deutliche Zunahme der Grundteile zurückzuführen ist. Diese interessante Versuchsreihe ergibt, daß die Transparenz eine Folge der Vermehrung von Kalksalzen im Dentin ist. Durch dieses Ergebnis sind die Theorien von Leber und Rottenstein und von Baume widerlegt.

Zur Beantwortung der zweiten Frage, ob die Transparenz ein vitaler oder avitaler Prozeß sei, ist es unbedingt erforderlich, sich über die Stoffwechselvorgänge im Dentin Klarheit zu verschaffen. Wie innig diese zwei Probleme „Transparenz und Stoffwechsel“ miteinander verknüpft sind, ist aus der Dissertation von Hoederath über die Frage: „Findet ein Stoffwechsel in den Zähnen statt“ ersichtlich. In der Zusammenfassung schreibt Hoederath am Schluß über das Dentin: „Das Dentin hat wohl Leben, Stoffwechselvorgänge in Form von Transparenz“. Das

Dentin besteht bekanntermaßen aus 72% anorganischer und 28% organischer Substanz. Daß letztere dem Gesamtstoffwechsel angeschlossen ist, beweisen zahlreiche Beobachtungen und Untersuchungen eindeutig.

So beschreibt Mertens einen Fall, wonach bei einem Patienten, der auf die oberen Schneidezähne fiel, nach einigen Tagen tiefblaue Verfärbungen am Zahne sich zeigten. Dieses verfärbte Dentin hellte sich wieder auf, und die Pulpa zeigte, bei Prüfung mit dem Induktionsstrom, Leben. Hier handelt es sich also wohl um die Resorption eines kleinen Blutergusses in die Dentinkanälchen.

Howe konnte bei einem Fall von Bleivergiftung durch Mikrophotographie Blei in den Interglobularräumen des Dentins und in den Schmelzbüscheln nachweisen, was ihn zu der Behauptung veranlaßte, daß ein Lymphstrom den Zahn durchziehe.

Fish, der chinesische Tinte einem Hund in die Pulpa ohne Druck einführte, fand Spuren von dieser Suspension nach einiger Zeit in den Dentinkanälchen. Da der verwendete Farbstoff keine einfache Lösung, sondern eine Suspension fester Teilchen ist, hat Fish aus diesem Versuch den Schluß gezogen, daß der Transport durch einen Lymphstrom und nicht durch Diffusion erfolgt sei.

Nassau sieht in seiner Arbeit „Über den Stoffwechsel des gesunden und erkrankten Zahnorgans“ viele Zahnerkrankungen als Symptome allgemeiner Erkrankungen an. Hauptsächlich soll eine mangelhafte Oxydation die Entstehung von Zahnerkrankungen wie Caries begünstigen.

Diese Zitate mögen als Beweis für die heute allgemein anerkannte Annahme des Vorhandenseins von Stoffwechselvorgängen im Dentin in diesem Zusammenhang genügen.

Was die verkalkte oder anorganische Grundsubstanz betrifft, so hat Feiler z. B. eine Theorie aufgestellt,

nach welcher eine Assimilation und Dissimilation von Kalk in Schmelz und Dentin erfolgen soll. Wie schon erwähnt, beruht ja nach Feiler die Transparenz auf einer mangelhaften Assimilation des Kalkes. Die Körnerschicht sowie die Interglobularräume sollen im extrauterinen Leben durch Resorptionsprozesse entstehen und bei normalem Kalkstoffwechsel wieder verschwinden. Diese Theorie hat er durch verschiedene praktische Versuche zu festigen versucht, ist jedoch zu keinem überzeugenden Resultat gelangt. Zusammenfassend über den Stoffwechsel ist zu sagen: Der organische Teil des Zahnbeins ist dem Gesamtstoffwechsel des Organismus eingegliedert, übt aber unter physiologischen Verhältnissen nach Abschluß der Entwickelung keinen wesentlichen Einfluß mehr auf das leblose anorganische Gewebe aus.

Gegründet auf diese Tatsache betrachte ich die Transparenz als einen vitalen Vorgang, wobei vitale Prozesse Voraussetzungen für diese avitale Entstehung der Transparenz sind. So ist es auch erklärlich, daß Jung und Miller bei toten Zähnen nicht das genaue Bild der Transparenz hervorbringen konnten wie beim lebenden Gewebe. Deshalb ließen sie sich auch zu der Annahme verleiten, daß die Transparenz der Ausdruck erhöhter Lebensfähigkeit des Dentins sei. Die Meinungen und Untersuchungen neuer maßgebender Autoren geben mir auch recht, daß die entstehende Transparenz keine unmittelbare Reaktion des vitalen Gewebes sei. Kantorowicz schon spricht gegen Walkhoff's Theorie, wenn er sagt: „Die Transparenz als erhöhte Lebenstätigkeit aufzufassen ist nicht angängig, da durchaus zweifelhaft erscheint, ob wirklich vermehrte Stoffwechselvorgänge in dem transparenten Dentin stattfinden.“ Fleischmann bezweifelt, daß die ausfüllende Masse wirklich verkalkte Grundsubstanz sei. Denn bei der Entkalkung müßte aus der neugebildeten Grundsubstanz ebenso ein sogenannter Zahnknorpel zurückbleiben. Auch ist das Auftreten von

Fett in den Dentinröhrchen ein Zeichen von degenerativen Vorgängen, wie Siegmund und Weber und zwei Japaner Nakamuro und Ohashi festgestellt haben. Da die Pulpa beziehungsweise die Tomes'sche Faser bei der Entstehung der Transparenz des Dentins, wie nachgewiesen und oben erwähnt, degeneriert, kann für den gleichen Vorgang nicht erhöhte Lebenstätigkeit der Odontoblastenfortsätze als Ursache angenommen werden. Der Vergleich mit dem Knochengewebe ist in diesem Zusammenhang insofern nicht ganz zutreffend, als sich zum Beispiel im Knochen im Gegensatz zum Dentin noch alle Phasen der Entzündung beobachten lassen. Ich glaube, daß alle die angeführten Punkte stichhaltig genug sind für eine Ablehnung der erhöhten vitalen Reaktion als Entstehungsursache für die Transparenz. Zu der Theorie Tomes muß in der Kritik noch gesagt werden, daß man von einer Abkapselung des gesunden Gewebes vom kranken nicht sprechen kann, da ja keine scharfe Trennungslinie, sondern allmähliche Übergänge von der erweichten zur transparenten Zone vorhanden sind. Die Versuche Fleischmanns wurden am senilen intakten Zahnbein ausgeführt. Dabei läßt Fleischmann unberücksichtigt, was ihm Walkhoff zum Vorwurf macht, daß gerade bei pathologischen veränderten jugendlichen Zähnen zum Beispiel im Gefolge von Caries ebenfalls Transparenz entsteht. Fleischmann kann auch keine Erklärung abgeben über die von ihm wahrgenommene Beziehung zwischen Pulpenatrophie und Transparenz bei jugendlichen Zähnen. Denn da das jugendliche Gewebe sehr vital ist, dürfte wohl nicht in jedem Fall Pulpenatrophie die primäre Ursache der Transparenz sein.

Zu meiner Auffassung über die Transparenz des Dentins gab mir die Beobachtung Anlaß, daß ein Elfenbeinspatel, mit Eugenol getränkt, transparent wird. Dadurch liegt die Vermutung nahe, daß die Transparenz durch

Diffusion des Eugenols am toten Gewebe entstehen kann, also kein vitaler Vorgang zu sein braucht.

Ist beim menschlichen Zahn das Schmelzoberhäutchen in seiner Kontinuität durch mechanische Abnützung oder kariöse Defekte unterbrochen, so gelangt das betreffende Agens, wie auch Furrer annimmt, über die Schmelzlamellen und Zahnbeinfasern bis in die Pulpa. Im Dentin löst es zum Teil die Zahnbeingrundsubstanz auf. Durch die Entkalkung derselben erfolgt, wie Hanazawa an eindeutigen Versuchen nachgewiesen hat, eine Kontraktion des Dentins und eine Erweiterung der Dentinröhrchen. Hanazawa hat diese Vorgänge bei Zahnbeinschliffen beobachtet, die er mit Milchsäure übergossen hat, die ja beim lebenden Zahn in erster Linie in Frage kommt. Die Kontraktion der Grundsubstanz hat er dabei zahlenmäßig bestimmt. Durch diesen eben geschilderten Prozeß vermindert sich der Raum, den das Dentin einnimmt. Dadurch entsteht in dem Zahn eine Spannung, die beim Kauakt zu Riß- und Spaltbildung führen kann. Auch Hanazawa und Andersen sind der Ansicht, daß die Spaltbildung des Schmelzes und die Kontraktion der Grundsubstanz in enger Beziehung stehen, ohne aber hierfür eine weitere Erklärung zu geben. Dieser eben geschilderte Vorgang der Riß- und Spaltbildung braucht nicht immer einzutreten. Denn durch Übersättigung der Säure und durch Neutralisation derselben, die ich, um von dem leitenden Gedanken nicht zu sehr abzulenken, später erläutere, erfolgt ein Niederschlag der aufgelösten Kalksalze. Auch durch kalksalzhaltigen Speichel und durch gelöste Kalksalze im Schmelz wird auf dem Wege der Diffusion fortwährend dem Dentin Kalk zugeführt. Derselbe gelangt ebenfalls zur Ausfällung und füllt die durch Kontraktion entstandenen Spalten des Dentin auf. Dadurch tritt in dem Gewebe eine Entspannung ein, die eine weitere Riß- und Spaltbildung verhindert. Schlägt sich der gelöste Kalk in den Zahnbeinröhrchen nieder,

so wird er ein Hindernis für anderen gelösten Kalk. Dadurch fällt letzterer infolge des geringeren Diffusionsstromes oder erfolgter Stagnation aus und setzt sich an den zuerst gefällten Kalk an. Auf diese Art, welche mit dem Wachsen einer Kiesbank in einem Fluß vergleichbar ist, erfolgt ein Wachstum des ausgefällten Kalkes und eine Obliteration der Kanälchen.

An dieser Stelle möchte ich nun einschalten, wie ich mir die Neutralisation denke, die auch wichtig ist für den weiteren Fortgang der Bildung der transparenten Zone. Ich schließe mich Liesegang's Meinung an, daß die Jonenkonzentration dabei die ausschlaggebende Rolle spielt. Auf Grund neuer Forschung kann man jedoch ihm nicht beistimmen, daß die H Jonen die Odontoblasten und ihre Fortsätze vor einer Einlagerung von Kalk schützen sollen. Denn Csernyei hat nachgewiesen, daß die Pulpa das alkalischste Gewebe des Organismus ist und einen pH Wert von 7,44 hat. Dringt in ein derart stark basisches Gewebe Säure ein, so erfolgt eine vollständige Neutralisation. Die Alkalien, die zum Abpuffern der Säure dienen, werden aus dem Blut entnommen. Diese Alkalien lassen auch die Odontoblasten in einem Zustand der Ruhe verharren. Sie dringen durch Diffusion oder vielleicht auch durch einen Lymphstrom in die Zahnbeinfasern ein und beteiligen sich an dem schon geschilderten Vorgang der Neutralisation im Dentin. Da die Zahnbeinfasern nicht vollständig obliteriert sind, so kann die freie Säure immer noch bis zur Pulpa vordringen. Werden die OH Jonen, um das Pulpagewebe vor einer Acidose zu bewahren, im Kampf gegen eindringende H Jonen verbraucht, so werden die Odontoblasten zu neuer Tätigkeit angeregt, um auf ihre Weise die Pulpa zu schützen. Meistens ist letzter Versuch erfolglos und aus der kompensierten Acidose in der Pulpa wird eine unkompensierte. Infolge Übersäuerung des Gewebes fällt das bis dahin sehr vitale Pulpagewebe einer fettigen und an-

schließend einer kalkigen Degeneration anheim. Dieser dabei neugebildete Kalk wird von der Säure aufgelöst und durch Diffusion an das pulpawärts gelegene Ende der zum Teil schon obliterierten Kanälchen niedergeschlagen. Auf diese Weise erfolgt ein Wandern der transparenten Zone zur Pulpa hin. Die Zahnbeinfasern fallen ebenfalls einer fettigen Degeneration anheim. Daß sie durch Nekrobiose nicht vollständig zu Grunde gehen, liegt daran, daß es nie zu einer vollständigen Obliteration der Kanälchen kommt. Meistens ist die Caries zuweit vorgeschritten oder eine Pulpitis ist eingetreten, bevor die Zahnbeinfasern durch Degeneration oder durch Druckatrophie absterben könnten.

Was das senile Zahnbein betrifft, so entsteht bei ihm die Transparenz ebenfalls durch eine Acidose in der Pulpa. Infolge Stoffwechselstörungen, die auch das Zahnmark befallen, ändert sich der pH Wert und schlägt zur saueren Seite um. Das Pulpagewebe, das zunächst sehr vitale Lebensäußerung zeigt, z. B. in Form von Ersatzdentin, degeneriert schließlich ebenfalls und zeigt dieselben paratrophischen Erscheinungen. Die sauere Gewebsflüssigkeit löst den durch Degeneration entstandenen Kalk auf und setzt ihn, wenn die Lösung übersättigt ist, in den Dentinkanälchen ab. Dieser Niederschlag ruft bei äußerlich vollständig intakten Zähnen das Bild der Transparenz hervor.

Zusammenfassung.

1. Die Transparenz des Dentins beruht auf einer Änderung der Lichtbrechung des Zahnbeins.
2. Die Entstehung der Transparenz ist die Folge einer teilweisen Obliteration der Kanälchen mit Kalksalzen.
3. Diese Kalkablagerung resultiert aus einem zentripetalen und zentrifugalen Vorgang.
4. Beide Prozesse sind avitaler Art.
5. Bestimmte vitale Vorgänge wie Pufferung der eindringenden Säure, Acidose des Gewebes und Paratrophie der Pulpa sind Reaktionen, die die avitalen Prozesse erst ermöglichen, aber keinen unmittelbaren Anteil an der Entstehung der Transparenz haben.

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. Scheidt für die Übernahme des Referats sowie für die Durchsicht der Arbeit meinen besten Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis.

1. Tomes. A System of Dental Surgery, London 1887.
2. Wedl. Pathologie der Zähne, 1870.
3. Baume. Lehrbuch der Zahnheilkunde, 1890.
4. Walkhoff. Mikroskopische Untersuchungen über pathologische Veränderungen des Dentins. D. M. f. Z. 1885, Heft 1, S. 5.
5. Wellauer. Caries der Zähne, in Scheff's Handbuch der Zahnheilkunde, 1892.
6. Miller. Über die Transparenz des Dentins. D. M. f. Z. 1903, Heft 4, Seite 182.
7. Jung. Die Caries der Zähne in Handbuch der Zahnheilkunde v. J. Scheff jr., 3. Auflage, 1909.
8. Fleischmann. Das transparente Dentin Oest. Ung. Vjschr. f. Z. 1907, 23. Jahrg., Heft 1, Seite 30.
9. Mertens. Findet im Dentin des Menschen ein Stoffwechsel statt? Zahnärztl. Rundschau 1911, Heft 20, Seite 738.
10. Feiler. Beiträge zum Stoffwechsel der Zähne. D. M. f. Z. 1913, Seite 748.
11. Walkhoff. Normales und transparentes Dentin. D. M. f. Z. 1916, Seite 451.
12. Furrer. Die Verkalkungszonen bei der Dentincaries. Schweiz. M. f. Z. 1922, Heft 7, Seite 329.
13. Feiler. Die Transparenz des Zahnbeins. Oest. Ung. Z. f. St. 1923, Heft 10, Seite 595.
14. Hanazawa. Eine histologische Studie über die Caries des Dentin. Vrtjschr. f. Zahnheilk. XXXIX 1923, Seite 417.
15. Feiler. Beiträge zur Biologie des Zahnbeins. D. M. f. Z. 1923, Heft 3, Seite 65.
16. Liesegang. Die Transparenz des Zahnbeins. Zeitschr. f. St. Bd. 22, 1924, Heft 9, Seite 649.
17. Fischer. Beiträge zur speziellen Pathologie der Zähne unter Berücksichtigung experimenteller Forschungen. Erg. d. ges. Z. Heft 1, Seite 521.
18. Siegmund und Weber. Pathologische Histologie der Mundhöhle 1926.
19. Hoederath. Findet ein Stoffwechsel in den Zähnen statt? Dissertation, Bonn 1926.

20. Zilkens. Transparenz des Zahnbeins, in Misch's Fortschritt d. Zahnheilk. 1926, Seite 292.
21. Adrion. Schmelzsprünge und Diffusionsvorgänge. Zahnärztl. Rundschau 1922, Nr. 4, Seite 54.
22. Port Euler. Lehrbuch der Zahnheilkunde. IV. Aufl. 1929.
23. Kantorowicz. Klinische Zahnheilkunde Bd. 1, 3. Aufl., 1929.
24. Walkhoff. Lehrbuch der konservier. Zahnheilkunde. 1931.
25. Okino. Experimentelle Untersuchungen über die Durchlässigkeit der transparenten Zone bei der Dentincaries am lebenden Zahn. D. M. f. Z. 1931, Heft 3, Seite 146.
26. Appelbaum. Lymph channels in dentine and enamel stained by amalgam. D. M. f. Z. 1930, Heft 13, Seite 954.
27. Fish. The physiology of dentine and its reaktion to injury and disease. D. M. f. Z. 1931, Heft 12, Seite 746.
28. Nassau. Über den Stoffwechsel des gesunden und erkrankten Zahnorgans. Oesterr. Z. f. St. 1931, Heft 7, Seite 899.
29. Fischer. Beiträge zur Biologie der Pulpa. Zahnärztl. Rundschau 1932. Nr. 48, Seite 1993.
30. Kimmelstiel u. Langemak. Untersuchungen über die Transparenz des Dentins. Vrtlj. f. Zahnheilk. 1933, 49. Jahrg., Heft 4, Seite 433.
31. Nakamuro u. Ohashi. Fettbefunde im gesunden Zahngewebe, in The Nippon No Shikai 1934, Nr. 173, Seite 49.

Lebenslauf.

Ich Heinrich Erhardt bin am 12. August 1910 in Freiburg i. Br. als Sohn des in Offenburg stationierten Reichsbahnbeamten Theodor Erhardt geboren. Von 1916—1920 besuchte ich die Volksschule in Offenburg; von 1920 bis 1924 die Oberrealschule daselbst. Im Jahre 1924 siedelten meine Eltern nach Karlsruhe über, woselbst ich in die Kantoberrealschule eintrat, und im Jahre 1930 die Reifeprüfung bestand. Ich wählte das Studium der Zahnheilkunde. Die ersten vier Semester studierte ich in Heidelberg, wo ich am Ende des dritten Semesters das Physikum ablegte. Mein fünftes Semester absolvierte ich in Göttingen und die drei weiteren Semester in Freiburg, wo ich mich im Frühjahr 1934 dem zahnärztlichen Staatsexamen unterzog. Ich war bis 8. September 1934 an der dortigen Universitäts-Zahnklinik als Volontärassistent tätig. Am 15. September 1934 übernahm ich die mir angebotene Assistentenstelle an der Schulzahnklinik Karlsruhe.